

Requested Patent: DE19918024A1

Title:

CIRCUIT BOARD WITH GLASS OPTICAL LAYERS E.G. FOR INFORMATION AND COMMUNICATION-EQUIPMENT ;

Abstracted Patent: DE19918024 ;

Publication Date: 2000-11-09 ;

Inventor(s): GRIESE ELMAR (DE); HIMMLER ANDREAS (DE) ;

Applicant(s): SIEMENS AG (DE) ;

Application Number: DE19991018024 19990421 ;

Priority Number(s): DE19991018024 19990421 ;

IPC Classification: H05K1/02; H05K3/00; G02B6/00 ;

Equivalents: ;

**ABSTRACT:**

A circuit board has electrical and optical conductors arranged in layers. One optical layer comprises a continuous glass plate which has optical conductors in zones of increased optical density. An optically transparent covering layer borders directly on the glass plate and its optical density is less than that of the optical conductors. A second glass plate specifically borders optically directly on the (first) glass plate and is mounted in mirror-image relationship to the interface. The optical conductor is specifically designed, at least partly, as a graded-index optical conductor.



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Off nlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 18 024 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**H 05 K 1/02**  
H 05 K 3/00  
G 02 B 6/00

⑲ Aktenzeichen: 199 18 024.5  
⑳ Anmeldetag: 21. 4. 1999  
㉔ Offenlegungstag: 9. 11. 2000

DE 199 18 024 A 1

⑦ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

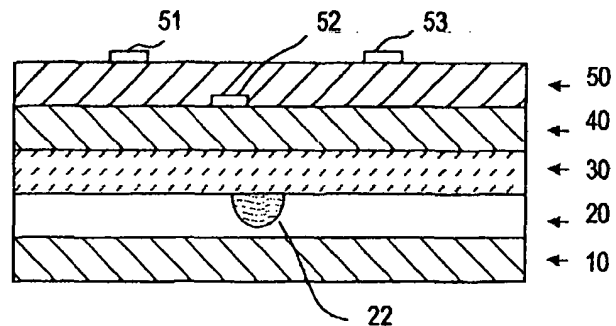
⑦ Erfinder:  
Griese, Elmar, 33100 Paderborn, DE; Himmler,  
Andreas, 33098 Paderborn, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 69 115 27 6T2  
EP 05 98 966 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Leiterplatte mit optischen Lagen aus Glas  
⑤⑦ Leiterplatten mit in Lagen angeordneten elektrischen und optischen Leitern, wobei eine optische Lage eine zusammenhängende Glasplatte umfaßt, in der Zonen erhöhter optischer Dichte optische Leiter sind, sowie Verfahren zu ihrer Herstellung.



DE 199 18 024 A 1

## Beschreibung Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft Leiterplatten mit sowohl elektri- 5  
schen als auch optischen Leitern.

### Stand der Technik

Für zukünftige Informations- und Kommunikationsgeräte 10  
ist es wünschenswert, über Leiterplatten zu verfügen, die sowohl elektrische als auch optische Verbindungen zwischen den Komponenten zulassen. Einen Überblick über den Stand der Technik auf diesem Gebiet enthält der Konferenzbereich von E. Griese et. al., Electrical/optical circuit boards: Technology - Design - Modeling, 3rd Int. IEEE Workshop on "Signal Propagation on Interconnects", Titisee-Neustadt 1999.

Bislang wird dabei vorgeschlagen, die optischen Leiter aus Polymeren herzustellen, da diese leicht und in vielen Varianten verarbeitbar sind. Allerdings gibt Probleme bei der Integration in herkömmliche Leiterplatten, da diese beispielsweise bei der Laminierung Temperaturen von 165°C und Drucken von 28 kp/cm<sup>2</sup> ausgesetzt werden, so daß die polymeren Lichtleiter verformt und beschädigt werden können.

Eine Verwendung von optischen Leitern aus Glas jedoch würde eine große Anzahl von Vorteilen bringen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe, indem optische Lagen aus Flachgläsern verwendet werden, in denen durch Zonen 30  
unterschiedlicher optischer Dichte Lichtleiter gebildet werden. Diese werden durch Diffusion, wie sie beispielsweise in dem Artikel von L. Roß, Integrierte Optik in Gläsern, Fachausschußbericht Nr. 74 der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft dargestellt ist. Damit ist es möglich, einen einer Gradientenfaser entsprechende Lichtleiter in optischen Lagen zusammen mit elektrischen Lagen herzustellen, ohne einzelne optische Leiter anlegen und assemblieren zu müssen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, welche in Verbindung mit den beigelegten Zeichnungen die Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels erläutert.

### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Es zeigen

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Leiterplatte mit elektrischen und optischen Leitern gemäß der Erfindung,

Fig. 2 eine alternative Ausführungsform gleichfalls als 50  
Querschnitt,

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform gleichfalls im Querschnitt.

### Beschreibung einer Ausführungsform der Erfindung

In Fig. 1 ist ein Querschnitt durch eine Leiterplatte gezeigt, bei dem verschiedenen Lagen sichtbar sind. Die Darstellung ist, wie auch die anderen Figur, zugunsten der besseren Übersichtlichkeit weder vollständig noch maßstabsgerecht. Der Querschnitt ist senkrecht zu der Laufrichtung der dargestellten optischen und elektrischen Leiter.

Die Leiterplatte nach Fig. 1 zeigt eine isolierende Lage 10, ein gemäß der Erfindung gestaltete und im folgenden genauer beschriebene optische Lage 20, eine optische Decklage 30, eine isolierende Lage 40 und eine elektrische Lage 50. In der elektrischen Lage 50 sind elektrische Leiter 51, 52 und 53 angedeutet, die nach bekannten Verfahren additiv

oder subtraktiv aufgebracht werden. Von dieser Art können mehrerer Lagen vorhanden sein. Gleichfalls können die isolierten Lagen 40 und 10 durch elektrische Leiter entsprechend ergänzt sein bzw. auf die Lage 40 weitere Lagen mit elektrischen Leitern aufgebracht sein.

Die optische Lage 20 ist eine dünne (z. B. 0.5 mm dicke) Glasplatte, in der ein optischer Leiter 22 dadurch gebildet wird, daß durch einen bekannte Diffusionsprozeß Ionen in das Glas eingebracht werden, die dessen optische Dichte erhöhen. Weitere Hinweise zu dem diesbezüglichen Stand der Technik findet sich in dem Artikel von L. Roß: Integrierte Optik in Gläsern, in: Integrierte Optik, Fachausschußbericht Nr. 74, Deutsche Glastechnische Gesellschaft.

Die Herstellung einer solchen Glasplatte geht von einer dünnen Glasplatte aus, die mit bekannten Verfahren hergestellt und z. B. von der Firma Schott angeboten wird. Wichtig ist eine optisch homogene Struktur. Um diese Glasplatte handhaben zu können, kann beispielsweise Träger aus Edelstahl verwendet werden, an dessen Oberfläche eine Vielzahl von Kanälen endet, die mit einer Vakuumpumpe verbunden sind.

Auf diese Glasplatte wird mit üblichen Verfahren, d. h. durch Siebdruck, Fotolack o. ä., eine Maske aufgetragen, die die zu erstellenden optischen Leiterbahnen freiläßt. Diese Maske wird in der Regel nach dem folgenden Schritt entfernt.

Sodann wird die Oberfläche der Glasplatte mit einer Lösung oder Schmelze benetzt bzw. in diese eingetaucht, in der Ionen gelöst sind, die an den freigehaltenen Stellen in die Glasplatte eindringen. Diese sind so gewählt, daß die optische Dichte, d. h. der Brechungsindex des Glases, dort größer wird als an den abgedeckten Stellen. Mit zunehmender Einwirkungszeit nimmt die Dichte der Ionen und damit der Brechungsindex zu. Abhängig von der Ionenart und anderen Prozeßparametern kann dabei entweder eine relativ gleichmäßige und homogene Zone oder eine gleichfalls gleichmäßige, aber in Richtung der Glastiefe kontinuierlich abnehmende Dichte erreicht werden.

Auf diese Art und Weise entstehen optische Leiterbahnen in der Glasplatte. Mögliche Mittel zum Anschluß in der fertigen Leiterplatte werden weiter unten dargestellt.

In einer ersten Variante der Erfindung, dargestellt in Fig. 3, wird eine weitgehende Durchdiffundierung erreicht. In Richtung der Ebene der Glasplatte entsteht immer ein Gradientengefälle mit mehr oder minder ausgeprägter Steigung. Natürlich müssen die optischen Leiter 23 soweit beabstandet sein, daß sich die Diffusionszonen nicht berühren. Um nunmehr einen optischen Leiter fertigzustellen, wird auf die Ober- und Unterseite der Glasplatte 20 eine weitere optisch durchlässige Lage 30, 30' aufgetragen, deren Brechungsindex dem der unbearbeiteten Glasplatte entspricht oder sogar geringer ist. Diese kann aus Glas oder Kunststoff (Polyacrylat) bestehen und in bekannter Art mit transparentem Kleber befestigt werden. Somit entsteht ein Wechsel des Brechungsindex auch in der Flächennormale. Es ist als ein optischer "Kanal" entstanden, der an den Seiten einer Gradientenfaser und oben bzw. unten einer Stufenindex-Faser entspricht.

Im übrigen kann, sofern durch den Diffusionsprozeß die optische Dichte vermindert wird, beispielsweise durch Auslösen von Ionen, die Maske invertiert werden. Im Ergebnis sind in beiden Fällen optische Leiter als "Kanäle" höherer optischer Dichte vorhanden. Die nachfolgende Beschreibung ist entsprechend angepasst zu verwenden.

Bei der Diffusion der Ionen kann auch dafür gesorgt werden, daß die Ionen nicht bis zur gegenüberliegenden Oberfläche diffundieren, so daß das Profil des Brechungsindex an einen Graben erinnert, wie in Fig. 1 für den optischen Leiter

22 im Querschnitt dargestellt. In diesem Fall kann auf die untere transparente Deckfläche 30' verzichtet werden. Allerdings ist hierzu der Diffusionsprozeß entsprechend aufwendiger zu steuern.

Die Deckplatte kann auch ein zweite, spiegelbildlich bedruckte und diffundierte Glasplatte 20' mit grabenförmigem Gradientenprofil sein, wie in Fig. 2 dargestellt. Werden die beiden Glasplatten (nach Entfernen der Maske) mit den jeweiligen Oberseiten passend als Sandwich aufeinander geklebt, wobei ein Klebstoff mit dem Brechungsindex des an der Oberfläche erzielten größeren Brechungsindex verwendet wird, so ergeben sich Lichtleiter, die einer Gradientenfaser entsprechen. Dabei muß darauf geachtet werden, daß der Klebstoff möglichst dünn, d. h. mindestens eine Größenordnung dünner als die Glasplatten, aufgetragen wird, damit an der Grenze zwischen den beiden Glasplatten keine neue optische Schicht entsteht. Der Klebstoff dient im wesentlichen dem Ausgleichen von verbleibenden Unebenheiten und soll daher einen Brechungsindex aufweisen, der möglichst genau dem an der Oberfläche der Diffusionsstellen entspricht. Damit wird erreicht, daß die beiden Glasplatten 20, 20' optisch unmittelbar benachbart sind.

Dabei kann der Klebstoff auch in Siebdrucktechnik nur auf die diffundierten optischen Bahnen aufgetragen werden, wenn die Kosten der notwendigen fertigungstechnischen Präzision den Gewinn an optischer Qualität rechtfertigen. Sind nur wenige Leiterbahnen und damit viel freie Fläche vorhanden, so werden zusätzliche Klebepunkte auf der freien Fläche, die dann nicht mit den Leiter interferieren, sinnvoll sein.

Nachdem also eine optische Lage vorliegt, kann diese mit den bekannten Leiterplatten verbunden werden. Hierzu sind eine Vielzahl von Varianten möglich. Beispielsweise könnten die elektrischen Lagen vollständig fertig aufgebaut sein und die optische Lage zwischen beiden eingeklebt werden. Dieser Klebstoff ist unkritisch, da die fertige optische Lage an ihrer Oberfläche nicht optisch aktiv ist. Insbesondere kann auch ein Verbinden mit Epoxy-Harzen erfolgen, wie sie bei der Herstellung von elektrischen Leiterplatten Verwendung finden. Daß dabei höhere Temperaturen bis zu 170°C und Drücke bis zu 28 kp/cm<sup>2</sup> Verwendung finden, stört die optische Lage nicht, da diese an den entscheidenden Stellen aus Glas besteht. Bei der Sandwich-Bauweise aus zwei Glasplatten ist ohnehin kein Problem gegeben. Wird die Glasplatte mit Kunststoffschichten laminiert, dann können zwar die Kunststoffschichten selbst an der dem Glas abgewandten Außenseiten abschmelzen; optisch relevant sind jedoch nur die Grenzflächen zum Glas, welche davon nicht betroffen sind.

Auf diese Art kann auch die Glasplatte zunächst mit einer bzw. zwei Isolierschichten 10, 40 (auch als 'prepreg' bezeichnet) verbunden werden, auf die dann mit additiven Verfahren elektrische Leiterbahnen in mehreren Lagen aufgebracht werden können. Das Glas übersteht den dabei notwendigen Fertigungsprozeß problemlos ohne Veränderungen. Da die Glasplatte sehr dünn und ferner fest in Kunststoff eingebettet ist, können die Bohrungen auch in herkömmlicher Technik erfolgen, sofern eine hohe Drehzahl bei geringem Vorschub verwendet wird bzw. diamantbesetzte Bohrer verwendet werden. Alternativ könne die Bohrungen auch mit Laser-Abrasion gefertigt werden. Eine dritte Alternative besteht darin, mindestens zwei getrennte Glasplatten vorzusehen, von denen die eine die optischen Leiter trägt und nicht durchbohrt wird und die andere kein optischen Leiter beherbergt und durchbohrt werden kann; Risse und Sprünge sind dann ohne Bedeutung, da diese nicht in die andere Platte induziert werden.

Indem die Geometrie der optischen Leiter einfach be-

stimmt werden kann, ist es auch ohne weiteres möglich, den Querschnitt des optischen Leiters in seinem Verlauf variabel zu gestalten, zumindest in der Breite. Um eine Variation in der Dicke zu erreichen, sind verschiedene Masken und Diffusionsprozesse vorgesehen, wie sie aus der Halbleiterherstellung beherrschbar bekannt sind. Damit kann erreicht werden, daß der Lichtleiter dort, wo der Anschluß erfolgen soll, relativ groß ist, um einfacher den Koppler positionieren zu können. In einem trichterförmigen Übergang wird der Lichtleiter dann dünner, weil dünne Lichtleiter weniger Moden ausbilden und daher bevorzugt werden. Am anderen Ende wird dann der Lichtleiter wieder verdickt. Dies läßt sich mit der Erfindung nahezu ohne zusätzlichen Fertigungsaufwand erreichen, wenn eine Verbreiterung des optischen Leiters ausreicht ist. Im übrigen wird bei einer Verbreiterung auch die Eindringtiefe zunehmen, so daß in vielen Fällen auf mehrere Diffusionsschritte verzichtet werden kann.

Für den Anschluß an die optische Lage sind ein Anzahl von Lösungen möglich. Bei einer Ausführungsform wird die Leiterplatte an den Anschlußstellen aufgefäst. Hierbei wird quer zur Richtung der Glasleitfaser ein Schnitt, z. B. mit einem Hochgeschwindigkeits-Diamantwerkzeug oder einem Laser, geführt, welcher die Glasleitfaser kurz vor ihrem Ende durchtrennt. Es verbleibt in der Regel ein unbrauchbarer Appendix, einem Sackloch entsprechend. Ein Koppler taucht in die Leiterplatte ein; an ihm ist ein elektro-optischer Wandler befestigt, der elektrisch mit den Leiterbahnen an der Oberfläche verbunden wird. Die Schnittkante der optischen Faser kann entweder poliert werden oder, besser, mit einem gradientenangepaßten Klebstoff an die Glasfaser angekoppelt werden.

#### Patentansprüche

1. Leiterplatte mit in Lagen angeordneten elektrischen und optischen Leitern, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine optische Lage eine zusammenhängende Glasplatte umfaßt, in der Zonen erhöhter optischer Dichte optische Leiter sind.
2. Leiterplatte nach Anspruch 1, wobei unmittelbar an die Glasplatte eine optisch transparente Deckschicht angrenzt, deren optische Dichte kleiner als die in den optischen Leitern ist.
3. Leiterplatte nach Anspruch 1, wobei optisch unmittelbar an die Glasplatte eine zweite Glasplatte angrenzt, die in Bezug auf die Grenzschicht spiegelbildlich aufgebaut ist.
4. Leiterplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die optischen Leiter zumindest teilweise als Gradientenleiter ausgebildet sind.
5. Leiterplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Querschnitt der optischen Leiter entlang der Richtung der optischen Leiter positionsabhängig ist.
6. Leiterplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die die optischen Leiter durchtrennende Ausnehmungen aufweist, in denen die optischen Leiter ankoppelbar sind.
7. Verfahren zur Herstellung einer Leiterplatte mit in Lagen angeordneten elektrischen und optischen Leitern, mit den Schritten:
  - eine Glasplatte wird mit einer Maske beschichtet, durch die die für die optischen Leiter vorgesehenen Bereiche bestimmt werden,
  - die Glasplatte wird einem Diffusionsprozeß unterzogen, der an durch die Maske bestimmten Bereichen die optische Dichte verändert,

- die Glasplatte wird mit weiteren, insbesondere isolierenden und elektrische Leiter umfassenden Lagen zu einer Leiterplatte zusammengefügt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Maske die für die optischen Leiter vorgesehenen Bereiche freiläßt und der Diffusionsprozeß die optische Dichte erhöht. 5
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei vor dem Zusammenfügen mit den weiteren Lagen auf die Glasplatte eine optische transparente Schicht aufgetragen wird, deren optische Dichte kleiner als die der optischen Leiter in der Glasplatte ist. 10
10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei vor dem Zusammenfügen mit den weiteren Lagen die Glasplatte mit einer weiteren Glasplatte zusammengefügt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis zum vorherigen Anspruch, wobei nach dem Zusammenfügen der Lagen Ausnehmungen angebracht werden, die optische Leiter durchtrennen. 15

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

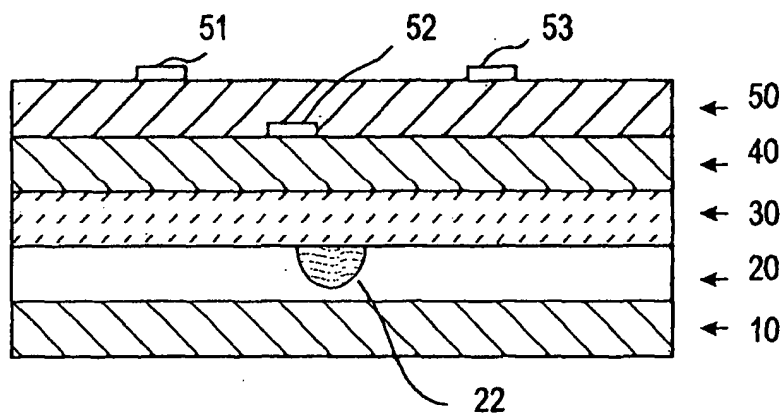


Fig. 1

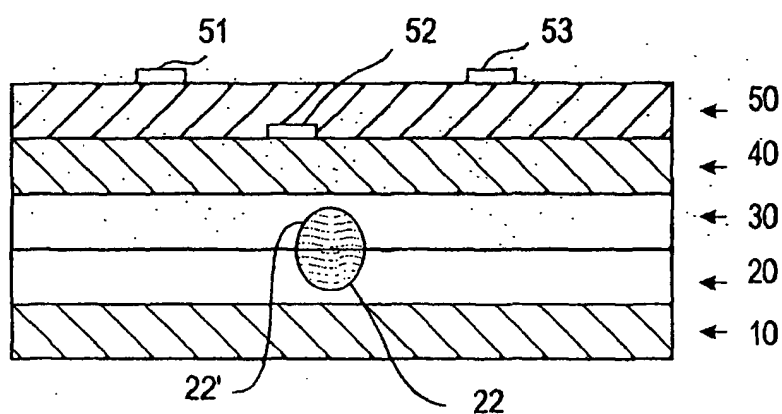


Fig. 2

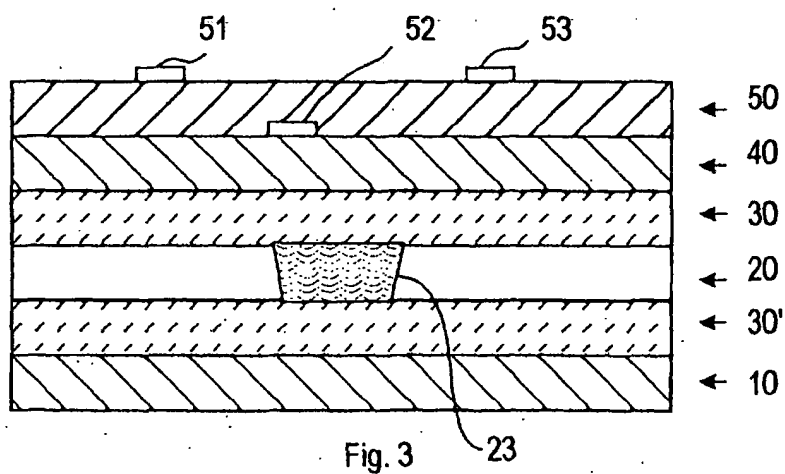


Fig. 3